

平成26年度光・量子融合連携研究開発プログラム-小型高輝度X線源イメージング基盤技術開発計画と全体会議報告。

株式会社 リガク 東京工場 セミナールーム

加速器研究機構 浦川順治 2014.4.16

- ◆ 「光・量子融合連携研究開発プログラム」の英語名称は
Photon and Quantum Basic Research Coordinated Development Program
 - ◆ 小型高輝度X線源イメージング基盤技術開発
- ◆ Fundamental Technology Development for High Brightness X-ray Source and the Imaging by Compact Accelerator

文部科学省委託事業

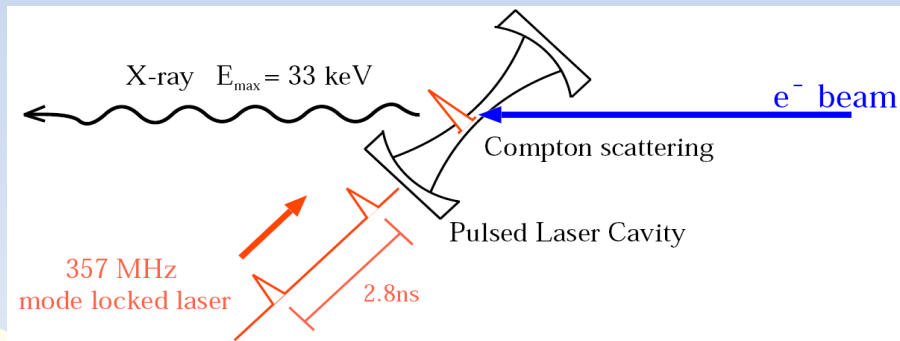
Application of advanced
laser and accelerator
technology for our life.



小型加速器による小型高輝度X線源とイメージング 基盤技術開発

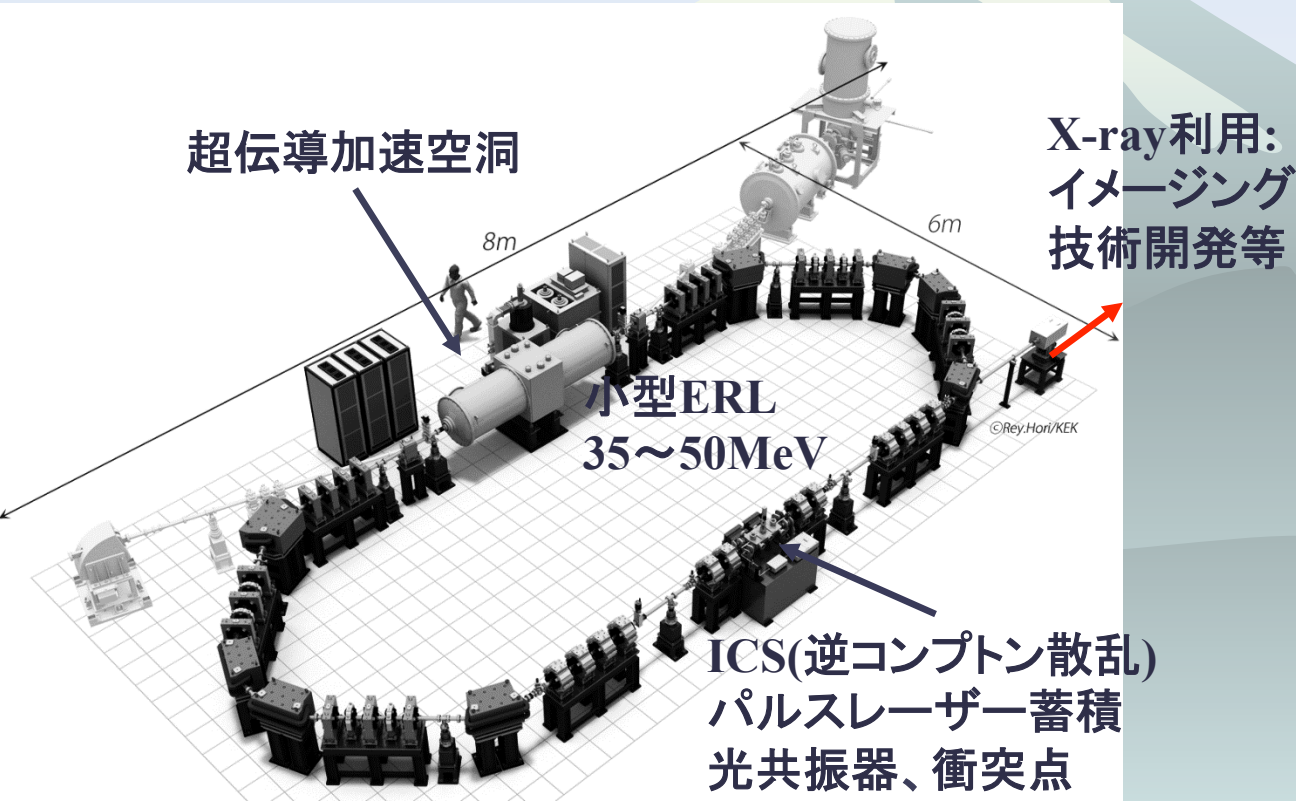
全体計画と研究開発目的

小型高輝度X線源(Peak Brightness 10^{19})
数keVから100keV X線領域エネルギー可変光源



基盤技術開発

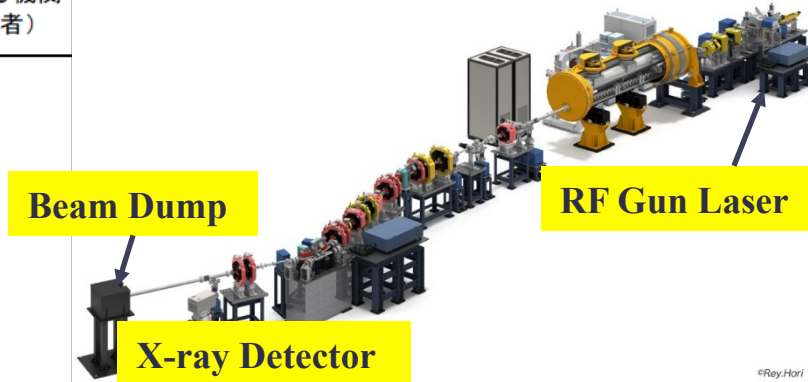
1. マルチアルカリカソード、
2. クライオ光陰極高周波電子銃、
3. ERL技術 (1MW電子ビーム・エネルギー回収)、
4. 大強度レーザー蓄積 (1MWレーザー蓄積)、
5. 10 μ mビーム衝突技術、
6. X線イメージング法、
7. 4K 325MHz spoke超伝導空洞開発、



6. 研究開発推進に必要な施設及び設備・機器

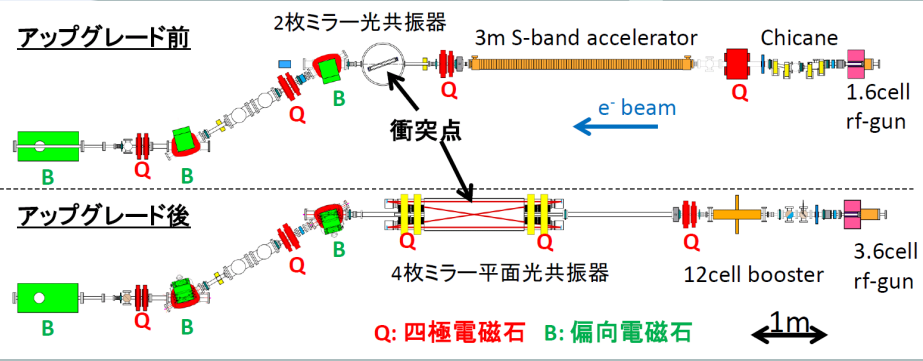
保有・購入・賃貸の区分	品名	仕様	用途	金額 (千円)	購入・賃貸の場合の調達時期	賃貸する機関 (当事者)
小型加速器 X線生成実験 保有 (LUCX)	LUCX	40MeV, 12.5Hz Max. beam power: 320W	X線光源、THz光源開発、利用実験用	800,000	2013-2019	KEK
高輝度X線生成実験 将来保有 (cERL、将来計画のR&Dの為建設中)	cERL	35MeV, 10mA Max. beam power: 350kW	ERL技術開発用、X線およびTHz利用実験	3,800,000	2015-2019	KEK
パルス高輝度X線生成実験 将来保有 (STF、将来計画のR&Dの為改造中)	STF	300MeV, 10mA 5Hz-1ms beam Max. beam power: 15kW	ILC技術開発用、X線およびガンマ線利用実験	6,800,000	2016-2019	KEK

STF施設



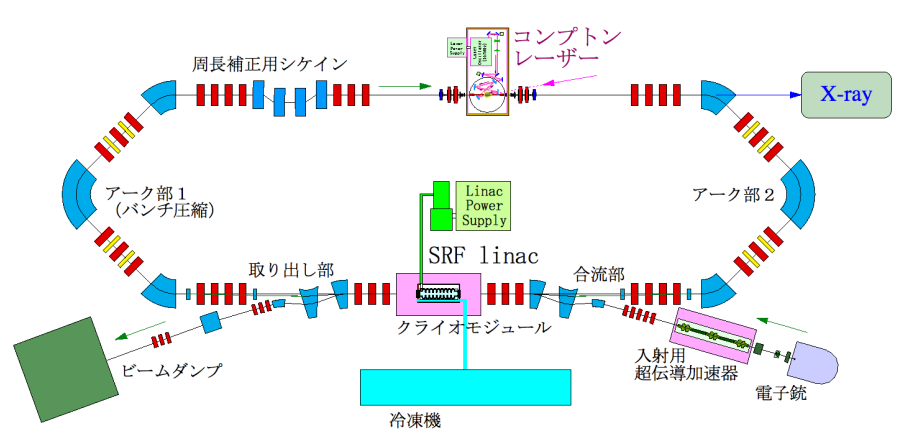
60MeVから300MeVへビームエネルギー増強の為改造中。
2016年度から運転再開、高エネルギーX線生成・利用研究開発に使用できる(2016-2019)。

LUCX施設(40MeV)



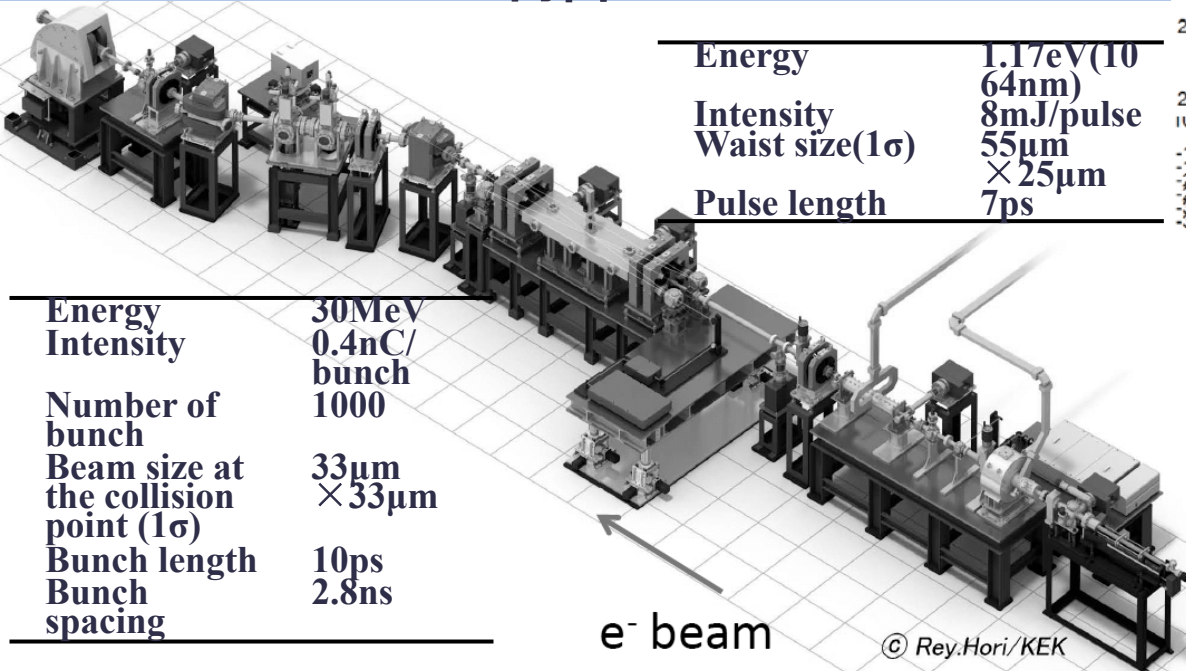
改造終了、1MWパルスレーザー蓄積技術、357MHz~10μm衝突技術、X線イメージング技術等の開発(2013-2019)。

cERL施設(35MeV)



2015年度中に~10mA ERL運転達成。その後逆コンプトンX線生成・利用研究開始(2015-2019)。

ビーム制御

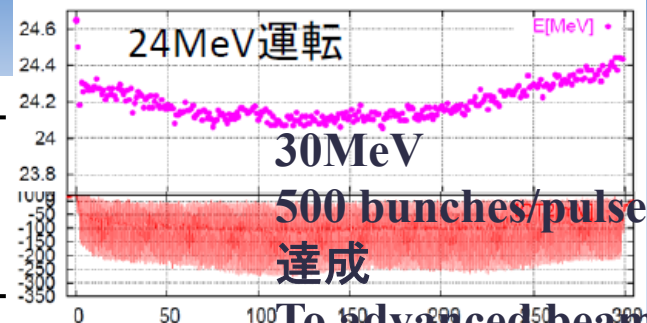


Energy 1.17eV (1064nm)
 Intensity 8mJ/pulse
 Waist size(1σ) 55μm × 25μm
 Pulse length 7ps

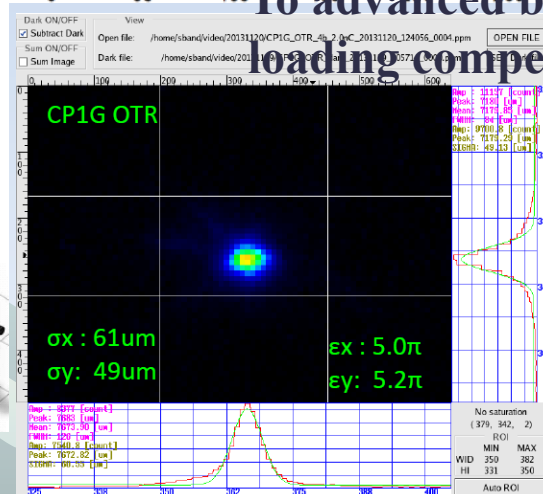
Energy 30MeV
 Intensity 0.4nC/bunch
 Number of bunch 1000
 Beam size at the collision point (1σ) 33μm × 33μm
 Bunch length 10ps
 Bunch spacing 2.8ns

e⁻ beam

© Rey.Hori/KEK



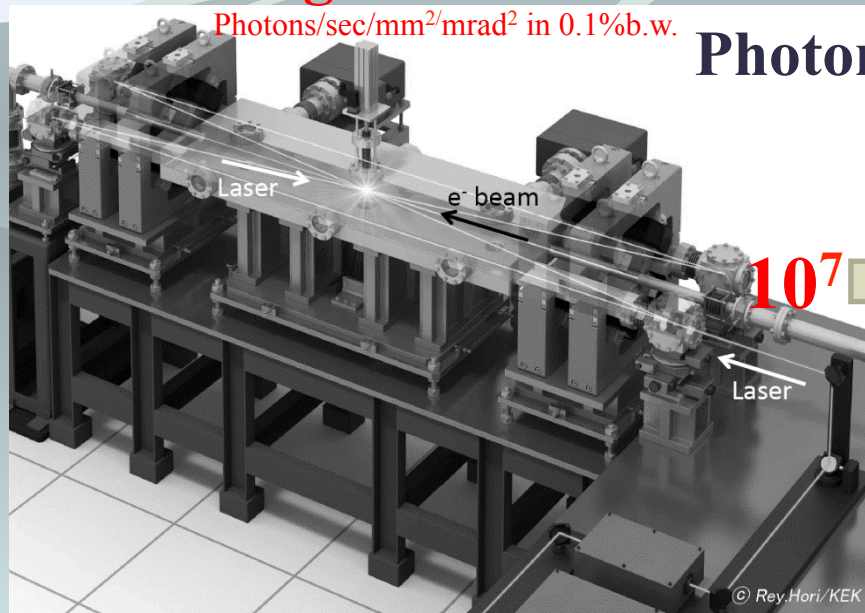
To advanced beam loading compensation



Brightness 10^{12}

Photons/sec/mm²/mrad² in 0.1%b.w.

Photon flux more than 10^8 per second

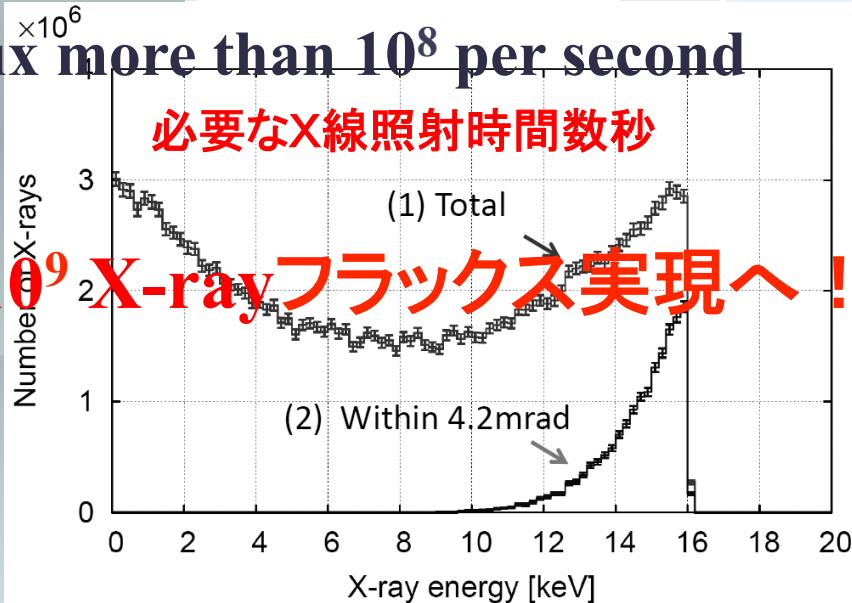


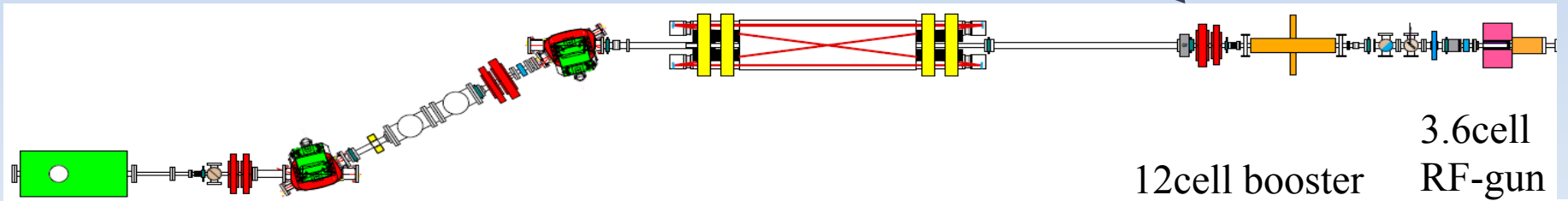
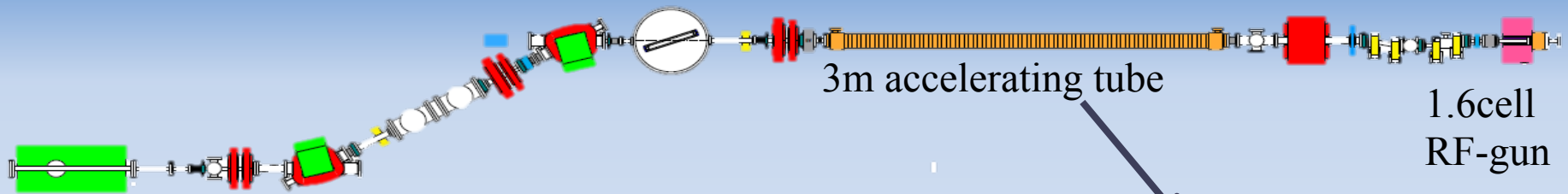
10^7



10^9

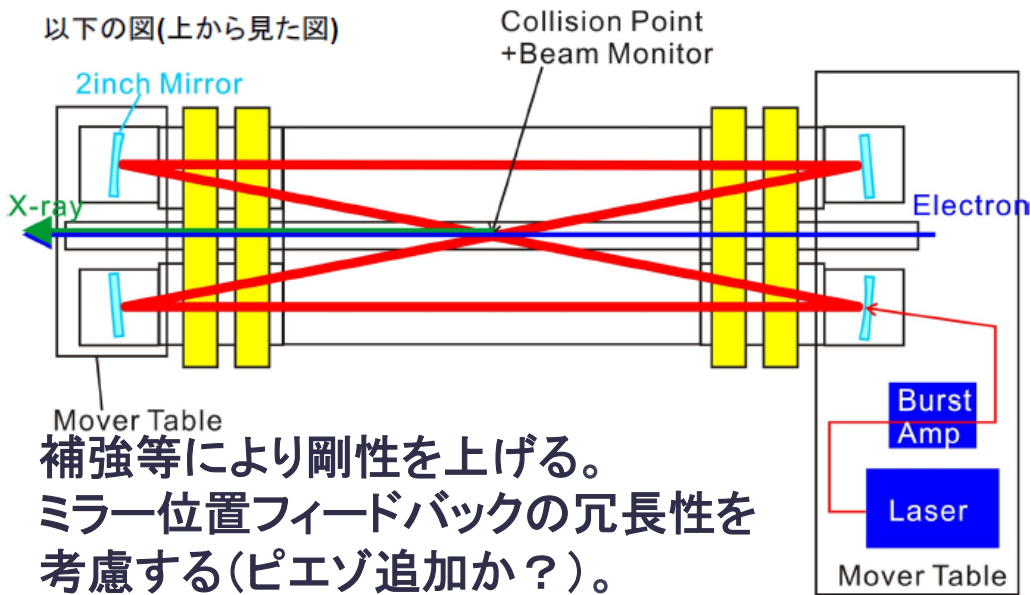
X-rayフラックス実現へ!



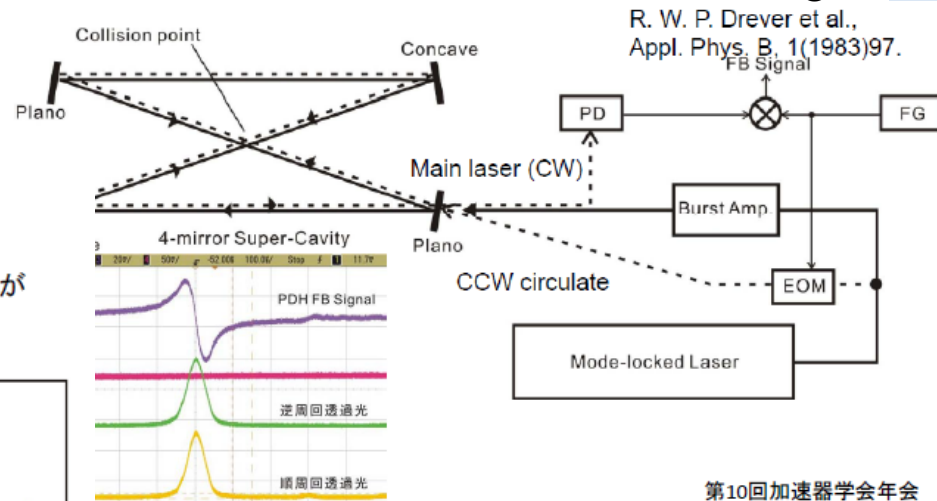


Cavity Design

前述の衝突角度問題+4枚ミラーCavityという境界条件の下良さそうな設計が以下の図(上から見た図)



補強等により剛性を上げる。
ミラー位置フィードバックの冗長性を考慮する(ピエゾ追加か?)。



第10回加速器学会年会

逆周回レーザーを使った共鳴制御によって、Burst Amp増幅により10kW入射が可能になった(~200W入射実現)。DC運転では入射レーザーパワーは100Wから200Wが最近の目標になっている。

Megawatt-scale average-power ultrashort pulses in an enhancement cavity

H. Carstens,^{1,2,*} N. Lilienfein,^{1,2} S. Holzberger,^{1,2} C. Jocher,³ T. Eidam,³
 J. Limpert,³ A. Tünnermann,³ J. Weitenberg,⁴ D. C. Yost,¹ A. Alghamdi,⁵
 Z. Alahmed,⁵ A. Azzeer,⁵ A. Apolonski,^{1,2} E. Fill,^{1,2} F. Krausz,^{1,2} and I. Pupeza^{1,2}

¹Maz-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Germany

²Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Physik, Am Coulombwall 1, 85748 Garching, Germany

³Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik, Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena, G

⁴RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Lasertechnik, Steinbachstr. 15, 52074 Aachen, Germany

⁵King Saud University, Department of Physics and Astronomy, P.O. Box 2455, 11451 Riyadh, Saudi Ar

March 2014,
 Published in
 Optics letters

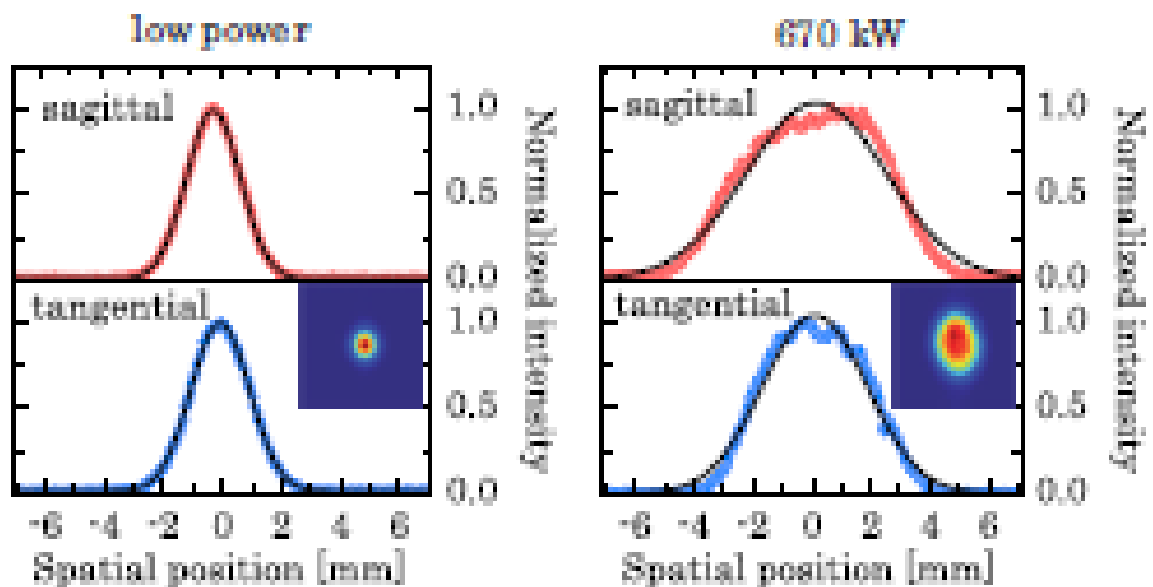


Fig. 4. Linecuts of the cavity mode at low power (left panel) and at 670 kW (right panel) with corresponding Gaussian fits (solid lines). At high power, there is a deviation from a purely Gaussian shape due to resonant coupling to higher-order Gauss-Hermite modes.

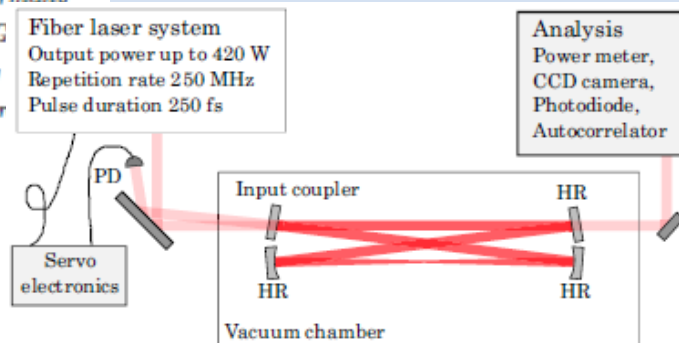


Fig. 1. Schematic of the experimental setup. PD: photodiode, HR: highly reflective.

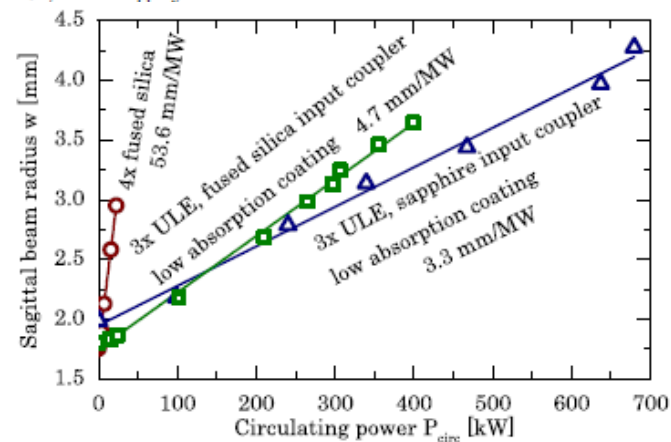
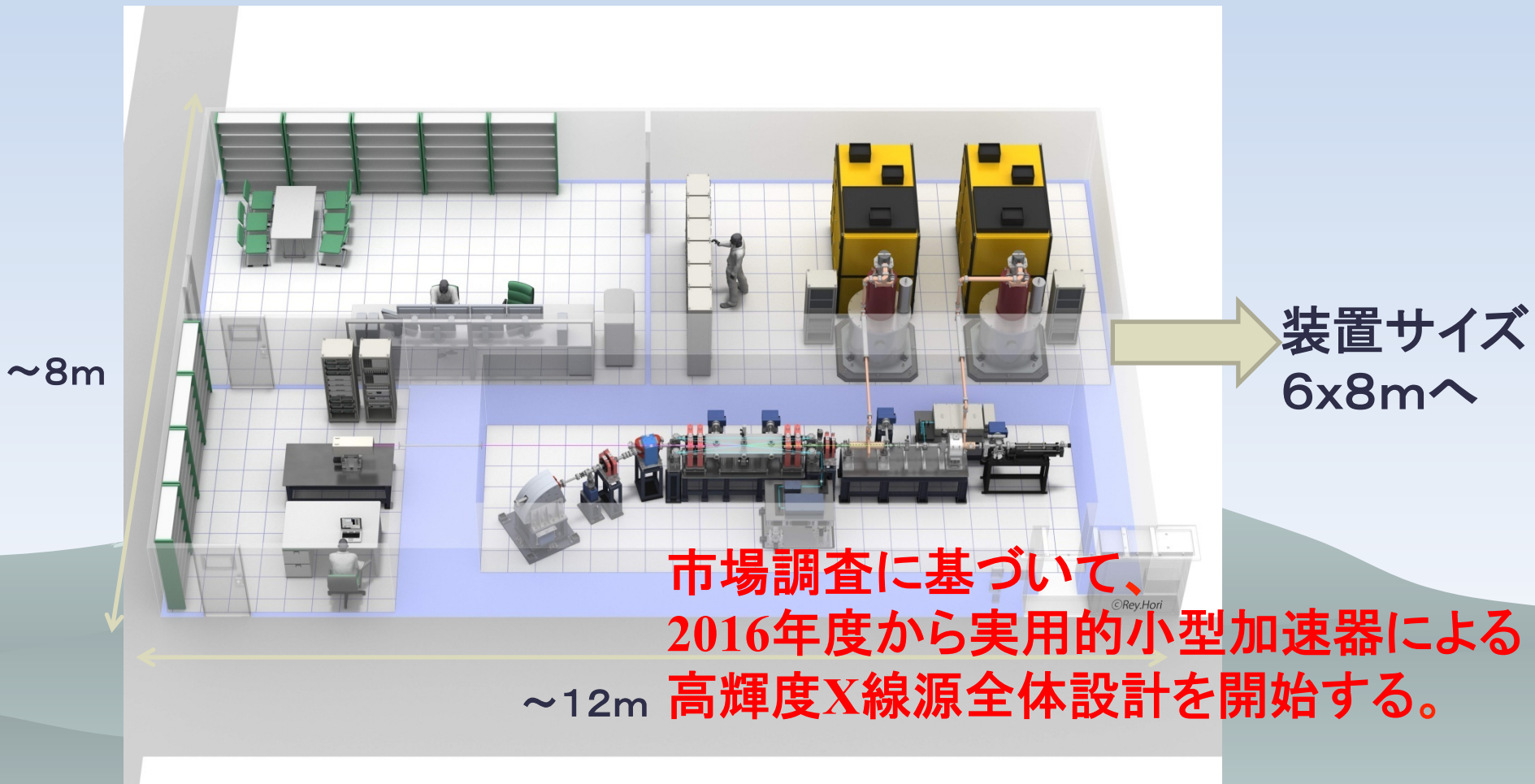


Fig. 3. Increase of the beam radius on one cavity mirror with respect to the circulating power. The straight lines are linear fits. The slope (given in mm/MW) is reduced by more than one order of magnitude when employing ULE substrates for the highly reflective mirrors.

逆コンプトン散乱による高輝度X線発生施設



装置サイズ
6x8mへ

市場調査に基づいて、
2016年度から実用的な小型加速器による
高輝度X線源全体設計を開始する。

小型常伝導線形電子加速器による高輝度X線発生装置

2k冷凍から4k冷凍で運転可能な超伝導空洞開発
によって小型化を実現(基盤技術開発後に導入)。